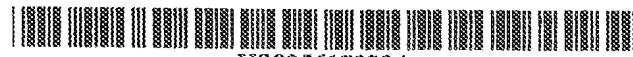


# ABSTRACT FOR JP 7-64051



US005617229A

## United States Patent [19]

Yamamoto et al.

[11] Patent Number: 5,617,229  
[45] Date of Patent: Apr. 1, 1997

[54] FIELD SEQUENTIAL FERROELECTRIC LCD HAVING A SINGLE CRYSTALLINE LAYER IN WHICH A PLURALITY OF CIRCUIT ELEMENTS ARE FORMED

5,132,811 7/1992 Iwaki et al. .... 359/72  
5,194,974 3/1993 Hamada et al. .... 359/59  
5,339,090 8/1994 Crossland et al. .... 345/90  
5,347,378 9/1994 Handschy et al. .... 359/53

[75] Inventors: Yoshitaka Yamamoto, Yamatokoriyama, Japan; Akira Tagawa, Oxford, United Kingdom; Yutaka Ishii, Nara, Japan; Mitsuhiro Koden, Nara, Japan; Tokihiko Shinomiya, Nara, Japan

### FOREIGN PATENT DOCUMENTS

56-107216 8/1981 Japan .  
3-242624 10/1991 Japan .

[73] Assignee: Sharp Kabushiki Kaisha, Osaka, Japan

[21] Appl. No.: 294,818

[22] Filed: Aug. 25, 1994

### Foreign Application Priority Data

Aug. 27, 1993 [JP] Japan ..... 5-212674

[51] Int. Cl. 6 G02F 1/136; G02F 1/1347; G02F 1/1335; G02F 1/1333

[52] U.S. Cl. 349/42; 349/78; 349/106; 349/158; 349/172

[58] Field of Search 359/55, 56, 75, 359/82, 59, 53, 98, 66, 100

### References Cited

#### U.S. PATENT DOCUMENTS

4,367,924 1/1983 Clark et al. .... 359/56  
4,726,659 2/1988 Conrad et al. .... 359/75  
4,882,207 11/1989 Coates et al. .... 359/75  
5,020,883 6/1991 Era et al. .... 359/75  
5,046,823 9/1991 Mori et al. .... 359/56

### OTHER PUBLICATIONS

Nito et al, "A Novel Surface-Stabilized Monostable Ferroelectric LCD", Journal of the SID, 1/2, 1993, pp. 163-169.  
Clark et al, "Submicrosecond Bistable Electro-Optic Switching in Liquid Crystals", Appl. Phys. Lett. 36(11), Jun. 1980, pp. 899-901.

Schadt, "Short-Pitch Bistable Ferroelectric LCDs", SID 90 Digest, 1990, pp. 106-107.

Primary Examiner—William L. Sikes

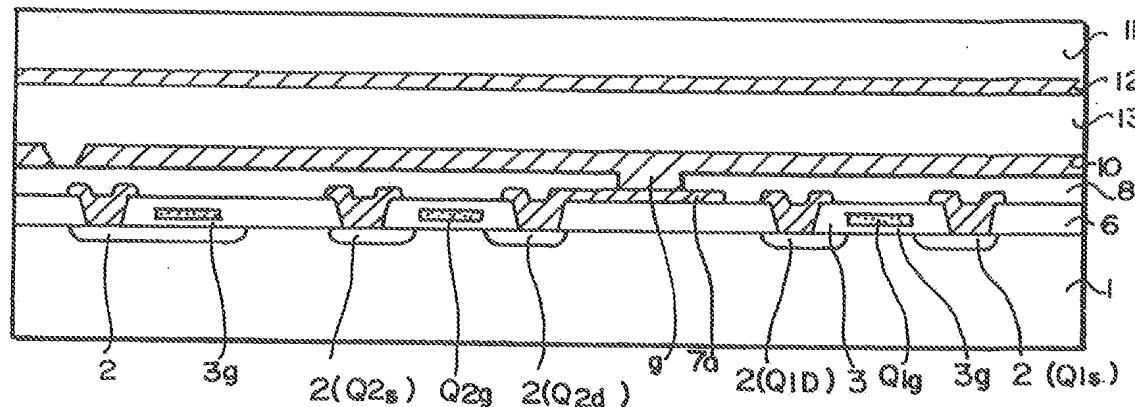
Assistant Examiner—Walter J. Malinowski

Attorney, Agent, or Firm—Nixon & Vanderhye P.C.

### [57] ABSTRACT

A liquid crystal display device includes: a first substrate having a single-crystalline silicon layer on one surface thereof; a transparent second substrate disposed opposite the first substrate, the surface of the first substrate having the single-crystalline silicon layer thereon facing the second substrate with a ferroelectric liquid crystal layer sandwiched therebetween; and a plurality of circuit elements formed in the single-crystalline silicon layer in a corresponding relationship to each of a plurality of pixel areas formed on the surface of the first substrate which faces the ferroelectric liquid crystal layer.

5 Claims, 21 Drawing Sheets



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-64051

(43)公開日 平成7年(1995)3月10日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>  
G 0 2 F 1/133  
5 5 0  
5 1 0  
5 6 0  
1/136  
5 0 0  
G 0 9 G 3/36

識別記号 庁内整理番号  
5 5 0  
5 1 0  
5 6 0  
5 0 0

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平5-212674

(22)出願日 平成5年(1993)8月27日

(71)出願人 000005049  
シャープ株式会社  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
(72)発明者 山元 良高  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内  
(72)発明者 田川 晶  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内  
(72)発明者 石井 裕  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内  
(74)代理人 弁理士 山本 秀策

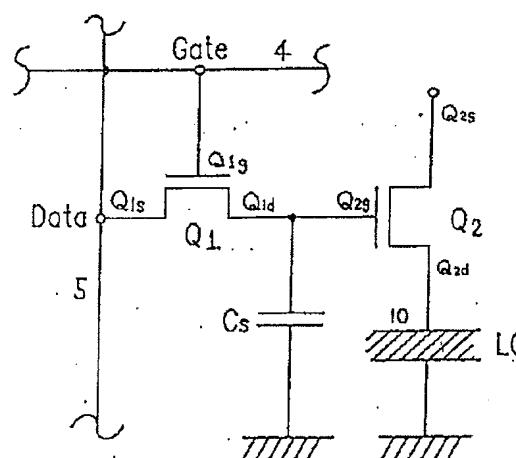
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 液晶表示装置およびその駆動方法

(57)【要約】

【目的】 フィールド順次方式による単板式小型軽量の超高精細フルカラーの液晶表示装置を提供する。

【構成】 強誘電性液晶を用いるので高速応答が得られる。電界無印加時の強誘電性液晶素子の安定状態の液晶分子光軸を偏光軸に合わせ、電圧を印加していくと透過光量も変化していく特性を有するので階調表示も可能である。ベース基板に単結晶シリコン基板を用い、スイッチングトランジスタをシリコン層内に形成する。微小でも電流駆動能力の大きいトランジスタを得ることができ、素子の搭載密度が大きいので、単位面積毎にトランジスタを二つと補助容量を設ける。データ信号が第1のトランジスタQ1と第2のトランジスタQ2を介して液晶LCに印加され、同時に補助容量Csに蓄積される。第1のトランジスタQ1がオフしても、補助容量Csに蓄積されたデータ信号に従って第2のトランジスタQ2が駆動され、第2のトランジスタQ2を介して電源から液晶に電圧が印加されるので、配向変化に伴う過渡電流による液晶電位の変動がない。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】表面に単結晶シリコン層を有する第1の基板と透明な第2の基板とが、該第1の基板の単結晶シリコン層を有する面を該第2の基板に対する対向面として、強誘電性液晶を挟持して対向配置されるとともに、該第1の基板の該強誘電性液晶側表面上に形成された複数の絵素領域毎の該単結晶シリコン層中に回路素子が形成された液晶表示装置。

【請求項 2】前記強誘電性液晶がキラルスマクティック相の強誘電性液晶であり、該キラルスマクティック相のらせん構造のピッチが前記両基板の基板間隔より小さく、かつ、該らせん構造が解けている請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【請求項 3】前記基板の前記強誘電性液晶側表面上全面に有機高分子膜から成る配向膜が形成され、該配向膜がラビング法により配向処理された請求項 1 又は 2 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 4】前記第2の基板の配向膜にのみラビング処理が施された請求項 3 に記載の液晶表示装置。

【請求項 5】前記強誘電性液晶の電界無印加時の配向の安定状態が一つの状態のみである請求項 1 から 4 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 6】前記第1の基板に設けられた配向膜と第2の基板に設けられた配向膜とが異なる材料で形成された請求項 3 から 5 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 7】前記第1の基板に設けられた配向膜と第2の基板に設けられた配向膜とは処理条件を異ならせてある請求項 3 又は 6 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 8】表面に単結晶シリコン層を有する第1の基板と透明な第2の基板とが、該第1の基板の単結晶シリコン層を有する面を該第2の基板に対する対向面として、強誘電性液晶を挟持して対向配置されるとともに、該第1の基板の該強誘電性液晶側表面上に形成された複数の絵素領域毎の該単結晶シリコン層中に回路素子が形成され、該回路素子に接続された電源を有する液晶表示装置の駆動方法において、

該回路素子により該電源から電界を印加して、一方のメモリ状態をとらせた該強誘電性液晶に、階調表示用信号のレベルを変化させて印加して階調表示を行う液晶表示装置の駆動方法。

【請求項 9】前記強誘電性液晶の電界無印加時の配向の安定状態が一つの状態のみである請求項 8 に記載の液晶表示装置の駆動方法。

【請求項 10】前記液晶表示装置の駆動方法において、1画面の表示期間が 11 ミリ秒以下である請求項 8 に記載の液晶表示装置の駆動方法。

【請求項 11】表面に単結晶シリコン層を有する第1の基板と透明な第2の基板とが、該第1の基板の単結晶シリコン層を有する面を該第2の基板に対する対向面として強誘電性液晶を挟持して対向配置され、

該単結晶シリコン層中に走査線と信号線とが縦横に形成され、

該走査線と該信号線とでマトリクス状に形成された複数の絵素領域のそれぞれの該単結晶シリコン層中に、第1のスイッチング素子、第2のスイッチング素子および補助容量が設けられ、

該単結晶シリコン層上該第1の基板全面に該走査線、該信号線、該第1のスイッチング素子、該第2のスイッチング素子および該補助容量を覆って形成された保護膜上に、各単位絵素領域毎に絵素電極が設けられ、

該第1のスイッチング素子には該走査線、該信号線、該補助容量の一端および該第2のスイッチング素子が接続され、

該第2のスイッチング素子には該補助容量の一端と電源と該絵素電極とが接続され、

該第2の基板の該第1の基板の対向面上には該第1の基板上に形成された各絵素電極に対応して透明な対向電極が形成された液晶表示装置の駆動方法において、

該走査線から走査信号を該第1のスイッチング素子に供給して該第1のスイッチング素子を ON にする場合、該第1のスイッチング素子を通じて該第2のスイッチング素子にデータ信号を与えて該第2のスイッチング素子を ON にし、該第2のスイッチング素子に接続された該絵素電極と該絵素電極に対応する該透明電極との間の領域の該強誘電性液晶に電圧を印加して所定の電位を与え、同時に該補助容量に該データー信号を保持し、

該第1のスイッチング素子が OFF の期間中、該第1のスイッチング素子が ON の期間中に該補助容量に保持された該データ信号で該第2のスイッチング素子を ON にし、該電源から該絵素電極と該対向電極との間の該強誘電性液晶に該第1のスイッチング素子が ON の期間中と同じ電位を与える電圧を印加する液晶表示装置の駆動方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は液晶表示装置に関する。詳しくは、フィールド順次方式による高精細、高輝度のカラー液晶表示装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】液晶表示装置（以下、液晶表示装置は LCD と略称する）は電卓からポータブルテレビジョン（以下、TV と略称する）まで幅広く実用化が進んでいる。CRT に劣らぬ表示特性の優秀さ、薄型軽量等の空間的利便性、低消費電力等の理由による。応答時間や表示の視認性等にまだ若干の問題を残しながらも、近い将来、確実に CRT に替わる表示装置として様々な技術の改良が試みられている。その中でもカラー化技術の改良は各種の表示性能に関わる要素を含んでおり重要な位置を占めるものである。

【0003】カラー表示の基本原理は「加法混色」と呼

ばれるものである。人間の目に二色以上の光が入射すると、これらの光は網膜上で合成され、別の色に知覚される。このことに基づいて光の三原色、R (Red)、G (Green)、B (Blue) の加法混色により任意の色光を得ることができる。実際の表示装置のカラー表示ではこの加法混色の原理を基にした二通りの方式が行われている。

【0004】一つは「並置加法混色」といわれる原理を利用するNTSC (National Television System Committee) 方式で、この方式では表示装置の単板の表示領域に微小なカラーフィルターをマトリクス状に並置する。このカラーフィルターはその面積を人間の目の空間的分解能の限界を越える程に微小にし、微小な色の集合によって一つの色を視認させるものである。NTSC方式は白黒表示と両立性があるので現在のカラーTVの標準方式となっている。しかし、この「並置加法混色」法は、画素のサイズを人間の目の空間的分解能以下にしなければ、R、G、Bなどの原色が見えてしまうので、この並置加法混色法を拡大投影が前提となるプロジェクション型LCD等に用いる場合には画質の劣化が問題となる。

【0005】もう一つは、「同時加法混色」といわれるもので、LCDのカラー化に適用する場合にはR、G、B三枚のカラーフィルタを三枚のLCDと組み合わせ、三色の画像を同時にスクリーンへ投写、重畳して混色させる。この方式では並置加法混色における微小なカラーフィルター作製上の困難は緩和される。しかしながら、三枚のLCDの内の一枚に画素欠陥が有ると、その画素部ではR、G、Bの内の一色又はその混色の輝点が生じるので欠陥部分が目立つ。また、LCDを三枚使用するのでシステムの大型化およびコスト高を招く。

【0006】カラーLCDについては上記のような欠点があるが、これらの欠点の克服は無論のこと、特に次世代の視覚メディアとしてのハイビジョンTVの実現等においては、表示の高精細化、高輝度化に対する要求もますます強くなる方向にある。この高精細性と高輝度性とは互いに相反する特性である。高精細性を追求して画素を微細化すると画素に占めるスイッチング素子の比率が上昇し、開口率が低下して輝度が低下する。開口率を大きくしようとして画素面積が大きくなり、精細度が低下する。この問題を克服するカラー化の方式として、現在はNTSC方式が標準とはいえ、将来に向かって、以下に示すような理由からフィールド順次カラー方式が見直されてきている。フィールド順次カラー方式には高精細、高輝度の特性に関し以下のような特長がある。

【0007】①フィールド順次方式は「継続加法混色」と呼ばれる原理を利用する。この方式では人間の目の時間的分解能の限界を利用する。すなわち継続的な色の切り換えが速過ぎて人間の目にはその色の変化が判別できない場合には、前の色の残像と後の色とが混色されて一

つの色に視認されることを利用する。同時加法混色法と同様に、同一発光部で任意の色が得られるので、画像の表示の精細度が高く、色彩再現にも優れている。最初のカラーTV標準方式はこのフィールド順次方式であった。

【0008】②LCD上に画素欠陥がある場合、その部分の表示は白又は黒となり、着色輝点よりも目立たないので、画素欠陥が少々存在しても表示劣化にはつながらない。

10 ③単板のLCDでフルカラー又はマルチカラー表示が実現でき、表示システムの小型、軽量化が図れる。同時加法混色法のように複数のLCDを利用することがないことでコスト高になるということもない。

【0009】このフィールド順次方式のカラー化技術について説明する。図19は平板型の高速色彩順次切り替え可能なカラーフィルタである。図中、シアンフィルタ29C、マゼンタフィルタ29M、黄色フィルタ29Yがこの順に積層されている。シアンフィルタ29Cは一对の透明基板20、21の対向する表面のそれぞれの全面に図示しない透明電極を形成し、両基板20、21の間にシアンの二色性色素を含む液晶22を介在して構成されている。

【0010】マゼンタフィルタ29Mは一对の透明基板23、24の対向する表面のそれぞれの全面に図示しない透明電極を形成し、両基板23、24の間にマゼンタの二色性色素を含む液晶25を介在して構成されている。

【0011】黄色フィルタ29Yは一对の透明基板26、27の対向する表面のそれぞれの全面にわたり図示しない透明電極を形成し、両基板26、27の間に黄色の二色性色素を含む液晶28を介在して構成されている。

【0012】シアンフィルタ29C、マゼンタフィルタ29Mおよび黄色フィルタ29Yはそれぞれスイッチング回路30C、30M、30Yを介して交流電源31から交流電圧が供給される。スイッチング回路30C、30M、30Yは表示制御回路16からの切換信号に基づいて選択的にシアンフィルタ29C、マゼンタフィルタ29M、黄色フィルタ29Yに交流電圧を印加して各フィルタを駆動する。このように各フィルタのON/OFFを制御することによって、光の3原色である赤色光、緑色光、青色光を生成する。下記表1に各フィルタの駆動状態と入射光の色彩との対応関係を示す。

【0013】

【表1】

駆動状態			入射光の
29C	29M	29Y	色彩
ON	OFF	OFF	赤色
OFF	ON	OFF	緑色
OFF	OFF	ON	青色

【0014】次に、上記のようなカラーフィルターを用いたフィールド順次カラー方式の具体的な動作について説明する。図20に光選択手段15の基本的な動作のタイミングチャートを示す。図に示すように時刻t1から時刻t3までの期間においてシアンフィルタ29Cに電圧が印加されている。液晶分子は電圧を印加しても直ちに配向状態が変化するわけではなく、一定の遷移期間 $\tau$ を必要とする。この遷移期間 $\tau$ は液晶分子の電界に対する応答回復速度に対応している。従って、時刻t1に電圧の印加が開始されても、実際にシアンフィルタ29Cがその電圧に応答して配向状態が変化し、変化後の状態が安定するのは遷移期間 $\tau$ を経過した後の時刻t2である。従って、時刻t2から時刻t3までの期間TRにおいて光選択手段15の透過光は赤色光となる。

【0015】以下同様に、マゼンタフィルタ29M、黄色フィルタ29Y、シアンフィルタ29Cの順で各フィルタへの電圧の印加が繰り返され、光選択手段15の透過光は緑色光、青色光、赤色光となる。

【0016】以上のような手段はこれらに限られることなく、赤、青、緑の二色性色素を含む三種類の液晶で構成すること、カラー偏光板と液晶パネルとを積層すること、ニュートラル偏光板と液晶パネルとを積層すること等、基本的に所望の色を変換できるものであれば使用可能である。

【0017】以上、フィールド順次方式のカラー技術を説明したが、先述したように、フィールド順次方式によると高輝度、高精細で表示品位に優れ、かつ、小型、軽量のカラーLCDが実現できる。

#### 【0018】

【本発明が解決しようとする課題】しかしながら、フィールド順次方式によるカラー表示をLCDで実現するためには以下のようなことが要求される。

【0019】(1) LCDの応答速度の高速性と信号保持の安定性。

#### 【0020】(2) スイッチング素子動作の高速性。

【0021】先ず、(1)のLCDの応答速度の高速性と信号保持の安定性について説明する。図21に薄膜トランジスタ(Thin Film Transistor、以下、TFTと略称する)を有するアクティブマトリクス型液晶表示装置の一般的な単位絵素部の液晶駆動回路の等価回路を示す。この駆動回路はTFT103、絵素電極107、液晶容量LC、対向電極108および補助容量Csを有する。TFT103のゲート電極10

4は走査線101に、ソース電極105はデータ線102に、ドレイン電極106は絵素電極107および補助容量Csに接続されている。データ線102には表示画像に従ったデータ信号が入力されるが、どの絵素に信号を書き込むかは対象となる走査線101に走査信号を入力して選択する。走査線101に走査信号が入力されると、走査線101に接続されたTFT103がON状態となり、絵素電極107が選択駆動される。選択された絵素電極107と対向電極108との間に電圧が印加され、両電極107、108間の液晶容量LCと補助容量Csにデータ信号が電気容量として書き込まれる。

【0022】このような構成の液晶駆動回路を有する表示装置において、人間の目がフリッカーを認識しないための画像の切り換え周波数を30Hz以上とすると、フィールド順次カラー方式でフルカラー表示を実現するためには一画面の表示時間内に、すなわち1/30秒以内に、R、G、Bの三色の画像を順次表示しなければならない。人間の目はこの三つの画像を残像として合成し、フルカラー画面として認識する。即ち、表示周波数を30Hzとすると、R、G、Bの各色に対応する画面の表示は90Hzとなり、この場合にLCDに要求される表示時間は約11ミリ秒となる。LCDはこの時間以内の表示時間で十分な表示品位を実現しなければならない。すなわち、書き込まれたデータ信号はこの11ミリ秒の間、安定して保持されなければならない。また、走査線数をハイビジョン用の1125本とすると、一本の走査線に走査信号が印加される期間は約10マイクロ秒という非常に高速応答性が要求される。

【0023】次に、(2)のフィールド順次カラー方式を採用する液晶駆動回路に要求されるスイッチング素子の動作速度について説明する。

【0024】通常のハイビジョン放送に対応した画像を得るために走査線数1125本、データ線数1875本が必要である。この場合、走査線の駆動回路に要求されるスイッチング素子の動作速度は約102KHz、データ線の駆動回路に要求されるスイッチング素子の動作速度は190MHz以上が必要となる。

【0025】このようにフィールド順次方式によりカラー表示を行うためには非常に高速動作のスイッチング素子が必要とされる。

【0026】以下、このような高速のスイッチング動作を実現するために必要とされるスイッチング素子の構成材料について説明する。

【0027】液晶表示装置の基板には一般にガラスを用いるが、アクティブマトリクス方式のLCDはこのガラス基板上にスイッチング素子としてTFTを形成する。TFTの特性はそれを構成する薄膜の種類で決まるが、従来、この薄膜には大きく分けて以下の三種類の材料が使用されてきている。

【0028】①アモルファスシリコン

## ②低温ポリシリコン

## ③高温ポリシリコン

以下、それぞれの材料を用いた薄膜について説明する。

【0029】①アモルファスシリコン薄膜は350°C程度の低温で形成できるので、この薄膜を形成する基板として、通常の安価なガラス、例えばコーニング社製のCorning 7059等が利用できる。しかしながら、通常の安価なガラスは600°C以上で処理することができないので、これを用いた基板の上には絶縁耐圧に優れ、ピンホールの発生しにくい熱酸化膜を得ることができない。加えて、アモルファスシリコン自体、薄膜中には多数の捕獲準位が存在し、アモルファスシリコン薄膜の電界効果易動度 $\mu_e$ は $0.1 \sim 0.5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ 程度である。従って、安価なガラス基板上にアモルファスシリコンで形成するTFTはON抵抗が大きいので、ドライバー回路等、複雑で性能の優れたトランジスタが必要な回路を表示部と同一の基板内に作ることができない。

【0030】②低温ポリシリコンは長時間のアニール処理またはレーザーアニール処理によってシリコンの結晶化を行う。最高処理温度は550～600°Cである。ポリシリコンTFTはアモルファスシリコンTFTよりも高温で形成されるので、一般にトランジスタ特性が優れており、電界効果易動度 $\mu_e$ （電子易動度）は $50 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ 程度、 $\mu_h$ （正孔易動度）は $15 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ 程度である。

【0031】③高温ポリシリコンは耐熱性に優れる石英基板上に形成すると1200°C程度までの温度で処理できるので、三つの方式の内では最も良好な特性のTFTが形成できる。電界効果易動度 $\mu_e$ は $100 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ 程度になる。このように、ポリシリコン薄膜を用いると、アモルファスシリコン薄膜を用いる場合よりも良好なTFTが得られるので、ICの作製プロセスを適用することができ、ガラス基板上に一部の駆動回路を表示部とともに形成できる特長がある。

【0032】しかし、ポリシリコンを用いて作製したトランジスタはアモルファスシリコンで作製したトランジスタともども動作速度が遅い。例えばTFTでCMOSシフトレジスタを形成した時の最大動作周波数を測定すると、低温ポリシリコンTFTでは5MHz程度、高温ポリシリコンTFTでも15MHz程度で、この動作速度はフィールド順次方式のカラーLCD表示装置を実現するには不十分であり、より高速の動作速度が得られるTFTが求められている。また、ポリシリコンを用いたTFTはリーコ電流が大きいので、ON/OFF比を大きくするためにはTFTのサイズを大きくするか、TFTを直列に接続するなどの工夫が必要となる。その結果、LCDの小型化も困難となる。

【0033】本発明はこのような課題を解決し、フィールド順次方式に基づくカラー液晶表示装置の実現に寄与

することを目的とする。

## 【0034】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示装置は、表面に単結晶シリコン層を有する第1の基板と透明な第2の基板とが、該第1の基板の単結晶シリコン層を有する面を該第2の基板に対する対向面として、強誘電性液晶を挟持して対向配置されるとともに、該第1の基板の該強誘電性液晶側表面上に形成された複数の絵素領域毎の該単結晶シリコン層中に回路素子が形成された液晶表示装置であって、そのことにより上記目的が達成される。

【0035】ある実施例では、前記強誘電性液晶がキラルスマクティック相の強誘電性液晶であり、該キラルスマクティック相のらせん構造のピッチが前記両基板の基板間隔より小さく、かつ、該らせん構造が解けている。

【0036】ある実施例では、前記基板の前記強誘電性液晶側表面上全面に有機高分子膜から成る配向膜が形成され、該配向膜がラビング法により配向処理される。

【0037】ある実施例では、前記第2の基板の配向膜にのみラビング処理が施されてなる。

【0038】ある実施例では、前記強誘電性液晶の電界無印加時の配向の安定状態が一つの状態のみである。

【0039】ある実施例では、前記第1の基板に設けられた配向膜と第2の基板に設けられた配向膜とが異なる材料で形成されてなる。

【0040】ある実施例では、前記第1の基板に設けられた配向膜と第2の基板に設けられた配向膜とは処理条件を異ならせてある。

【0041】本発明の液晶表示装置の駆動方法は、表面に単結晶シリコン層を有する第1の基板と透明な第2の基板とが、該第1の基板の単結晶シリコン層を有する面を該第2の基板に対する対向面として、強誘電性液晶を挟持して対向配置されるとともに、該第1の基板の該強誘電性液晶側表面上に形成された複数の絵素領域毎の該単結晶シリコン層中に回路素子が形成され、該回路素子に接続された電源を有する液晶表示装置の駆動方法において、該回路素子により該電源から電界を印加して、一方のメモリ状態をとらせた該強誘電性液晶に、階調表示用信号のレベルを変化させて印加して階調表示を行う液晶表示装置の駆動方法であって、そのことにより上記目的が達成される。

【0042】ある実施例では、前記強誘電性液晶の電界無印加時の配向の安定状態が一つの状態のみである。

【0043】ある実施例では、前記液晶表示装置の駆動方法において、1画面の表示期間が11ミリ秒以下である。

【0044】本発明の液晶表示装置の駆動方法は、表面に単結晶シリコン層を有する第1の基板と透明な第2の基板とが、該第1の基板の単結晶シリコン層を有する面を該第2の基板に対する対向面として強誘電性液晶を挟

持して対向配置され、該単結晶シリコン層中に走査線と信号線とが縦横に形成され、該走査線と該信号線とでマトリクス状に形成された複数の絵素領域のそれぞれの該単結晶シリコン層中に、第1のスイッチング素子、第2のスイッチング素子および補助容量が設けられ、該単結晶シリコン層上該第1の基板全面に該走査線、該信号線、該第1のスイッチング素子、該第2のスイッチング素子および該補助容量を覆って形成された保護膜上に、各単位絵素領域毎に絵素電極が設けられ、該第1のスイッチング素子には該走査線、該信号線、該補助容量の一端および該第2のスイッチング素子が接続され、該第2のスイッチング素子には該補助容量の一端と電源と該絵素電極とが接続され、該第2の基板の該第1の基板の対向面上には該第1の基板上に形成された各絵素電極に対応して透明な対向電極が形成された液晶表示装置の駆動方法において、該走査線から走査信号を該第1のスイッチング素子に供給して該第1のスイッチング素子をONにする場合、該第1のスイッチング素子を通じて該第2のスイッチング素子にデータ信号を与えて該第2のスイッチング素子をONにし、該第2のスイッチング素子に接続された該絵素電極と該絵素電極に対応する該透明電極との間の領域の該強誘電性液晶に電圧を印加して所定の電位を与え、同時に該補助容量に該データー信号を保持し、該第1のスイッチング素子がOFFの期間中、該第1のスイッチング素子がONの期間中に該補助容量に保持された該データ信号で該第2のスイッチング素子をONにし、該電源から該絵素電極と該対向電極との間の該強誘電性液晶に該第1のスイッチング素子がONの期間中と同じ電位を与える電圧を印加する液晶表示装置の駆動方法であって、そのことにより上記目的が達成される。

## 【0045】

【作用】本発明にかかる液晶表示装置では、液晶材に強誘電性液晶を用いるので高速応答性が得られる。本発明の強誘電性液晶は安定状態で電圧を印加していくと透過光量が連続的に変化していく特性を有する表示モードを利用するので階調表示も可能である。

【0046】ベース基板に単結晶シリコン基板を用い、スイッチングトランジスタをシリコン層内に形成するので、微小でも電流駆動能力が大きく、高速スイッチング動作が可能なスイッチングトランジスタを得ることができる。

【0047】他の回路素子の搭載密度も大きくできるので、本発明では単位絵素領域毎にトランジスタを二つと補助容量とを設ける。第1のトランジスタが走査線と信号線に接続されている。また、第1のトランジスタのドレインは補助容量の一端と、第2のトランジスタにも接続されている。補助容量の他端は接地されている。第2のトランジスタは電源と絵素電極にも接続されている。

## 【0048】第1のトランジスタはデータ信号を第2の

トランジスタに供給する。補助容量は第1のトランジスタのデータ信号を保持する働きをする。第2のトランジスタは第1のトランジスタがONの時、電源から液晶にデータ信号電圧を印加するためのスイッチングトランジスタである。この第2のトランジスタは第1のトランジスタがオフしても、次に第1のトランジスタがONされるまで、補助容量に蓄積されたデータ信号に従った電圧を液晶に供給し続ける。

【0049】強誘電性液晶は自己分極を有し、電圧を印加した時には液晶分子の配向の変化によって過渡電流が流れる。走査線にデーターを書き込む時間は1125本の走査線を1/30秒で走査すると、フィールド順次カラーモードを実現するためには、一走査線に許容される書き込み時間は約10μ秒となる。強誘電性液晶の配向変化は数十μ秒かかるので、過渡電流はこの書き込み時間を越えて流れることになる。上記のような本発明の構成によれば、1フィールドの間、補助容量に蓄積されたデータ信号に従った電圧が液晶に供給され続けるので過渡電流による液晶電位の変動がない。

## 【0050】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。LCDにおいて特に鮮明な表示が要求される場合には各画素（絵素）毎にスイッチングトランジスタ等を備えたアクティブマトリクス方式のLCDが用いられるが、このアクティブマトリクス方式のLCDで用いられる液晶の代表的な表示モードにねじれネマティックモード（Twisted Nematic：以下、TNモードと略称する）がある。このTNモードは液晶セル内の液晶分子の初期配向として液晶分子をほぼ90°ねじり、一組の偏光板の間に液晶セルを配置し、そのセルの光学的性質、すなわち、無電界時の旋光特性と電界印加時の旋光解消特性を利用して表示を行うものである。

【0051】この液晶分子の誘電異方性を利用する電界効果型のネマティック液晶表示素子とは異なり、液晶分子が自己分極を有し、この液晶分子の自己分極の極性と電界の極性とが整合するように液晶分子がスイッチングすることを利用して表示を行う強誘電性液晶表示素子がある。強誘電性液晶を用いた表示素子はN. A. Clark and S. T. Lagerwall, Appl. Phys. Lett., 36, 899 (1980)；特開昭56-107216号公報；米国特許第4367924号等に紹介されている。図1に強誘電性液晶の自己分極の様子と電気光学効果を模式的に示す。強誘電性液晶の液晶分子は図1(a)に示すように螺旋構造を有しているが、セル厚が螺旋のピッチより薄いセルに強誘電性液晶を充填すると、図1(b)に示すように、この螺旋が解け、双安定な二つの状態が出現する。この螺旋構造が解けた双安定な状態を有する強誘電性液晶セルをつくるためには、特開昭56-107216号公報や米国特許第4367924号に螺旋ピッチをセル厚より長くし

て螺旋をほどいた状態にする方法が提示されている。これは、液晶分子が基板界面と平行になろうとする傾向が強いことを利用したものである。このような強誘電性液晶セルは表面安定化強誘電性液晶セル (Surface Stabilized Ferroelectric Liquid Crystal cell: SSFLC cell) といわれる。図1 (b) において、900はスメクティック層の層法線を示す。901は強誘電性液晶分子の長軸方向 (配向方向) を示す。900と901との成す角が液晶分子のチルト角  $\theta$  である。図1 (c) に示すように強誘電性液晶に電界を印加することにより強誘電性液晶分子の自己分極の向きを電界方向にそろえることができる。図1 (d) に示すように印加する電界の極性を切り替えることにより二つの状態間のスイッチングを行うことができる。そして、図1 (e) に示すように、それぞれの場合の分子の軸の配向方向は電圧印加を停止してもそのまま維持される。これが強誘電性液晶の電気光学的効果の一つのメモリ効果である。

【0052】このスイッチングに伴い、セル内の強誘電性液晶層では複屈折が変化するので、二つの偏光子間に強誘電性液晶セルを挟むことによって透過光を制御することができる。スイッチング駆動に必要な時間は液晶の自己分極と電界とが直接作用するので  $\mu$  sec のオーダーの高速応答を得ることができる。本実施例ではLCDにおけるフィールド順次方式のカラー化を実現するため、高速応答性を示すLCDとしてキラルスメクチックC相の強誘電性液晶を用いる。

【0053】しかしながら、強誘電性液晶を用いた表示素子ではスイッチングの切り替え状態が上記のように二つだけであるので、このままでは階調表示ができない。これまで、この二つの安定状態以外の中間的な状態は作り出せないものと、一般には信じられてきた。

【0054】しかし、最近、強誘電性液晶への電界の印加状態においては、中間的な状態が作り出せることが見いだされた。すなわち、印加電圧に交流波形のものを用い、その波高値を変化させることによって中間状態を作り出し、階調表示を行うというものである。この階調表示の原理を図2に従って今少し説明する。

【0055】図2 (a) は強誘電性液晶におけるメモリ角と電圧印加時のチルト角との関係を示したものである。図の900はスメクティック層の層法線の方向を示

し、901、901'は電界無印加時の双安定状態にある強誘電性液晶分子の長軸の方向 (配向方向) を示す。メモリ角  $\theta_0$ 、 $\theta_0'$  は電界無印加時の安定状態の強誘電性液晶分子の長軸方向901、901' とスメクティック層法線900との間の角度と定義される。図の902、902'はそれぞれ、正の方向に充分な電圧を印加した状態、負の方向に充分な電圧を印加した状態での強誘電性液晶分子の見かけの長軸の方向を表し、902あるいは902' と900とのなす角がチルト角  $\theta$ 、 $\theta'$  を示す。図に示すように、メモリ角  $\theta_0$ 、 $\theta_0'$  は通常、強誘電性液晶層に充分に電界を印加した時の液晶分子のチルト角  $\theta$ 、 $\theta'$  より小さい。強誘電性液晶に電圧を印加すると液晶分子はその極性に応じて図の右または左に振れる。充分に大きな電圧を印加すると、液晶分子は902 (あるいは902') の位置まで振れるが、小さな電圧の印加では液晶分子はこの902 (あるいは902') と900との間の位置に留まる。

【0056】そこで、図2 (b) に示すように、強誘電性液晶素子を二枚の偏光板で挟み、例えば、一方の安定状態である901の位置に一方の偏光板の偏光軸951を合わせ、もう一方の偏光板の偏光軸952をこれと直交する方向に合わせれば中間の状態が得られる。このことを利用して階調表示が可能となる。

【0057】次に、この強誘電性液晶の階調表示に係る実験例を示す。

【0058】(実験例1) 先ず、液晶セルの基板として一対のガラス基板を用い、それぞれの基板の表面上に配線用のITO膜をパターン形成した。

【0059】次に、それぞれの基板の配線を覆って基板表面上全面に絶縁膜を形成した。

【0060】続いて、この絶縁膜上全面にポリイミドPSI-A-2001 (チッソ社製) をスピンドルコートしてラビングした。この一対のガラス基板のポリイミド膜形成面を対向させ、かつ、互いのラビング方向が平行となるように、セル厚2  $\mu$ mで貼り合わせた。

【0061】最後に、この空セルに強誘電性液晶組成物1を真空注入して強誘電性液晶セルを得た。注入した強誘電性液晶組成物1の物性を表2に示す。

【0062】

【表2】

## 組成物 No.1

<chem>C9-C(=O)c1ccc(cc1)C(=O)c2ccc(cc2)OC6</chem>	28 (%)
<chem>C8O-C(=O)c1ccc(cc1)C(=O)c2ccc(cc2)OC6</chem>	14
<chem>C8O-C(=O)c1ccc(cc1)C(=O)c2ccc(cc2)OC4</chem>	14
<chem>C8O-C(=O)c1ccc(cc1)C(=O)c2ccc(cc2)OC8</chem>	12.5
<chem>C10O-C(=O)c1ccc(cc1)C(=O)c2ccc(cc2)c3ccccc3C5</chem>	9.5
<chem>C8O-C(=O)c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)c3ccccc3C8</chem>	8.5
<chem>C5O-C(=O)c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)c3ccccc3C8</chem>	8.5
<chem>C8-C(=O)c1ccc(cc1)OC2=C(C=C2)C(=O)C3=C(C=C3)C(=O)N</chem>	5
転移温度 (°C)	$Sc^{58}$ $SA^{71}$ $N^{87}$ I
$P = -14.5nC/cm^2 (25°C)$	
$\tau = 64\mu sec (\pm 5V/\mu m, 25°C, 0-50\%)$	
(*は不斉炭素を示す)	

【0063】この強誘電性液晶に電界を印加して一つのメモリ状態をとらせた後、その消光位にクロスニコルの状態に設置した偏光板の偏光軸方向を一致させ、25°Cにおいて60Hzの矩形波を印加して透過光強度を測定した。測定結果を図3に示す。図から解るように、電圧が大きくなるにつれて透過光量が連続的に増加していく。この特性を用いれば無限階調が可能である。この方法を用いる場合、液晶に印加される電圧は正負のかたよりのないものであり、信頼性の点でも問題がない。

【0064】(実験例2) 液晶セルの基板として一対のガラス基板を用い、それぞれの基板の表面上に配線用のITO膜をパターン形成した。

【0065】次に、この配線を覆って基板表面上全面に絶縁膜を形成した。続いて、この絶縁膜上全面にナイロン6/6をスピンドルコートし、片側基板のみラビングした。この一対のガラス基板のそれぞれのナイロン6/6の形成面を対向させ、セル厚1.2μmで貼り合わせ

た。

【0066】最後に、この空セルに強誘電性液晶FLC-6430(Hoffmann-La Roche)を真空注入して強誘電性液晶セルを得た。注入した強誘電性液晶の物性を表3に示す。

【0067】

【表3】

## FLC-6430の物性値

自己分極量	90nC/cm <sup>2</sup>
螺旋ピッチ	0.43μm
チルト角θ(°)	27
メモリ角2θ(°)	46

【0068】この強誘電性液晶セルを偏光顕微鏡にセットし、20.5°Cにおいて60Hzの矩形波を印加しつ

つ透過光強度を測定した。測定結果を図4に示す。図から解るように、電圧が大きくなるにつれて透過光量が連続的に増加している。

【0069】(実験例3)実験例3においては、上記実験例1および2以外に種々の強誘電性液晶セルを作製して、強誘電性液晶セルに対する印加電圧と透過光との関係および印加電圧と応答速度との関係を調べた。いずれのセルも両基板にガラス基板を用い、それぞれの対向面\*

\*にITO膜をパターン形成した。さらに、各基板のITO膜を覆って、基板対向面全面に絶縁膜と配向膜をこの順で積層形成した。一部のセルではこれらの処理を省いた。他の実験条件および光透過特性、応答特性等の実験結果を表4に示した。

【0070】

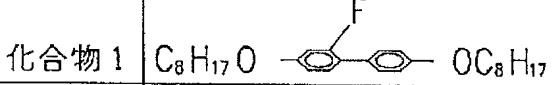
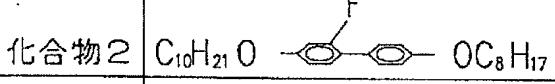
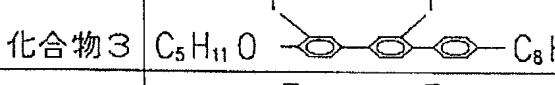
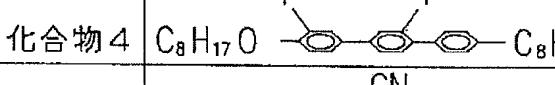
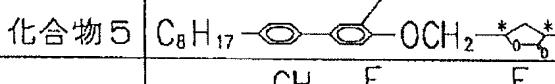
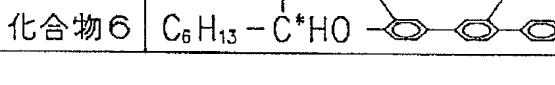
【表4】

セル番号	上基板		下基板		ラビング	液晶	メモリ性	電圧・透過光特性	電圧・応答速度特性
	絶縁膜	配向膜	絶縁膜	配向膜					
1	あり	PSI-S-2001 (チッソ石油化学製)	あり	PSI-S-2001 (チッソ石油化学製)	略平行	組織物No.1 (表2参照)	双安定	図3	-
2	あり	ナイロン6/6	あり	ナイロン6/6	上基板のみ	FLC-6430 (ロシュ製)	片安定	図4	図14
3	あり	PSI-A-2101 (チッソ石油化学製)	あり	PSI-A-2101 (チッソ石油化学製)	上基板のみ	FLC-6430 (ロシュ製)	片安定	図5	図15
4	あり	PSI-A-2101 (チッソ石油化学製)	あり	PSI-A-2101 (チッソ石油化学製)	略反平行	FLC-6430 (ロシュ製)	片安定	図6	図16
5	あり	PSI-A-2101 (チッソ石油化学製)	あり	PSI-A-2101 (チッソ石油化学製)	略平行	組織物No.2 (表5~7参照)	双安定	図7	-
6	あり	PSI-A-2101 (チッソ石油化学製)	あり	PSI-A-2101 (チッソ石油化学製)	略平行	組織物No.3 (表5~7参照)	双安定	図8	-
7	あり	PSI-A-2101 (チッソ石油化学製)	あり	PSI-A-2101 (チッソ石油化学製)	略平行	組織物No.4 (表5~7参照)	双安定	図9	-
8	あり	PSI-S-2001 (チッソ石油化学製)	なし	PSI-S-2001 (チッソ石油化学製)	略平行	組織物No.2 (表5~7参照)	片安定	図10	-
9	なし	LX-1400 (日立化成製)	なし	LX-1400 (日立化成製)	上基板のみ	ZU-5014/000 (メルク製)	双安定	図11	-
10	あり	PSI-A-2101 (チッソ石油化学製)	なし	PSI-A-2101 (チッソ石油化学製)	上基板のみ	組織物No.2 (表5~7参照)	片安定	図12	-
11	あり	PSI-S-2001 (チッソ石油化学製)	なし	PSI-S-2001 (チッソ石油化学製)	略平行	組織物No.5 (表8参照)	片安定	-	

【0071】表5に、使用した液晶材料の組成物2~4を構成する6種類の化合物(化合物1~6)の構造と相転移温度を示した。

【0072】

【表5】

化合物No.	構 造 (*は不齊炭素を示す)	相転移温度 (°C)				
		K	Sc	S <sub>A</sub>	N	I
化合物1		· 50 (-42)	-	· 63	.	.
化合物2		· 40	· 52	61	· 65	.
化合物3		· 63	· 93	· 126	· 127	.
化合物4		· 60	· 109	· 128	-	.
化合物5		· 86	-	-	-	.
化合物6		· 47	-	-	(-42)	.

【0073】表6には、組成物2～4のそれぞれについて、表5で示した化合物1～6の重量比および相転移温度を示した。

\* 【0074】  
【表6】

\*

組成物No.	化合物No. (重量%)						相転移温度 (°C)				
	1	2	3	4	5	6	K	Sc	S <sub>A</sub>	N	I
組成物2	24.5	24.5	24.5	24.5	2.0		· <RT	· 66	· 81	· 86	.
組成物3	24.5	24.5	24.5	24.5		2.0	· <RT	· 69	· 81	· 87	.
組成物4	22.5	22.5	22.5	22.5		10.0	· <RT	· 67	· 79	· 85	.

【0075】表7には、組成物2～4のそれぞれについて、自己分極量、チルト角、メモリ角および応答速度を示した。

\* 【0076】  
【表7】

\*

組成物No.	自己分極量 (nC/cm <sup>2</sup> )	チルト角 θ (°)	メモリ角 2θ (°)	応答速度 (μsec)
組成物2	-1.5	24	23	170
組成物3	<0.5	23	19	147
組成物4	1.1	24	20	172

【0077】表8には組成物5を構成する化合物の種類とその重量比、相転移温度および自己分極量を示した。

\* 【0078】  
【表8】

## 組成物5の組成比、特性

組成物No.	化合物(重量%) SCE-13R(メルク製) SCE-13(メルク製)	相転移温度(°C)					自己分極量 (nC/cm <sup>2</sup> )	
		K	Sc	SA	N	I		
組成物5	90.0	10.0	-	RT	60	87	105	0.7

【0079】これらのセルに60Hzの矩形波を印加して透過光量を測定した。結果を図5～12に示す。いずれの図においても、電圧の印加に伴って透過光量が連続して変化していることが理解される。このように、本発明によれば、強誘電性を示す液晶材料を用いた液晶セルにおいても連続階調の表示を実現することができた。さて、強誘電性液晶には先述した双安定の状態とともに片安定の状態が存在することが知られている。そして上記の連続階調の表示はこの片安定と双安定のそれぞれの状態において実現できる。しかしながら、双安定な素子と片安定な素子を比較すると、片安定な強誘電性液晶素子の方が安定した特性を得ることができる。これは、次のような理由による。

【0080】強誘電性液晶表示素子において偏光板を用いる場合には偏光板の偏光軸を電界無印加時の液晶分子の安定状態の分子配向方向に合わせて設置するが、これは片安定の場合も双安定の場合も同様である。双安定の場合であれば、安定な一方の側に偏光軸を合わせる。ここで双安定の場合には、以下のような問題がある。

【0081】(1)長時間、電界の無印加の状態が続くと、もう一方の安定状態へ移ろうとする領域が液晶層に現れてくる。すなわち、最暗状態を続けているつもりで日々に白みがかかるという不安定さを有する。

【0082】(2)安定状態が二つあるために、電圧無印加時にどちらの安定状態に戻るかによって透過状態が異なる。

【0083】上記(1)の問題点は、常時書き換えを行う前提の本発明の液晶表示装置では大きな問題とならない。しかしながら(2)の問題点は重要である。この点について、以下に説明する。

【0084】強誘電性液晶を用いた本発明の液晶表示素子では、何等かの表示を行っている高透過状態から最暗状態へ(又は最暗状態から高透過状態へ)と表示を切り替える場合、液晶印加電圧を0Vとする。

【0085】双安定の場合には、液晶印加電圧が0Vとなると、液晶分子は図2(a)、(b)に示す二つの安定状態901、901'のどちらかの状態になる。このとき、液晶のとる安定状態が901'であれば所望通りの最暗状態が得られるが、901の状態であれば最暗状態を得たいにもかかわらず、透過状態になってしまふ。ここで、電圧を0Vとした際に、液晶の配向方向が901となるか901'となるかは、その直前に液晶に印加されていた電圧の極性と大きさに依存する。

【0086】他方、片安定素子の場合には、図2(c)

に示すように安定状態の配向方向は903のみである。即ち、液晶印加電圧を0Vにすると唯一の安定状態である903の方向をとる。従って、この場合の偏光板の偏光方向は903の方向にあわせれば良い。

【0087】片安定素子および双安定素子の印加電圧に対する透過光強度変化を図13に示す。片安定素子の場合、図13(a)に示すように、正電圧印加後であっても負電圧印加後であっても、印加電圧が0になると最暗状態が得られている。

【0088】他方、双安定素子の場合には、図13(b)に示すように、負電圧印加後は印加電圧が0Vになると最暗状態が得られているが、正電圧印加後は印加電圧が0Vになつても、最暗状態とはならない。これ

は、上述したように、負電圧印加後は液晶分子の配向方向が図2(b)の901'(偏光板の偏光方向951に一致する)となるが、正電圧印加後は液晶分子の配向方向が図2(b)の901となつたため、偏光板の偏光方向951と液晶分子の配向方向とが一致しないことにより光が透過するためである。以上が、片安定素子の方が実用上有利であることの理由である。

【0089】ここで、先述の実験例の実験条件や結果をまとめた表4の強誘電性液晶分子のメモリ性の欄を参照すると、片安定状態に対応するラビング処理と基板に形成する絶縁膜の有無について、いずれもその処理が両基板の間で非対称な処理の仕方になっている。例えば、セル番号2、3のセルではラビング処理が片側の基板のみであり、セル番号4のセルはラビング処理を両基板に施すものの、ラビングの方向が略反平行である。セル番号8と11のセルでは絶縁膜を一方の基板にしか形成していない。また、セル番号10のセルにおいてはラビング処理は片側基板にのみしか施しておらず、絶縁膜も片側基板にしか形成していない。このように、本発明者らは、セルの両基板間における配向処理の非対称性、絶縁膜形成の非対称性が片安定の強誘電性液晶の実現に有効であることを実験的に確認した。

【0090】なお、ラビング処理以外の配向処理法として、斜方蒸着法も本発明にかかる強誘電性液晶表示素子の作製の場合には有効である。

【0091】また、配向処理をラビングで行う場合には、上記した強誘電性液晶の片安定状態を得るために、ラビングを片側基板にのみ施す場合、両基板の内、アクティブ素子を形成しない方の基板にラビング処理を施すことが望ましい。ラビングを施すと、その際に生じる静電気によってトランジスタ等の素子の特性が変化した

り、配線間の絶縁破壊が生じたりするおそれがあるからである。

【0092】さて、先述のSSFLC cell (表面安定化強誘電性液晶セル) とは異なり、螺旋ピッチがセル厚より極めて短いにもかかわらず螺旋構造が解消され、双安定な状態を示す強誘電性液晶セルがSID90 Digest, 106 (1990) に紹介されている。これはSSFLC cell 1と呼ばれている。この短ピッチ強誘電性液晶モードは以下に示すような利点がある。

【0093】(1) 従来の強誘電性液晶モードでは応答速度を向上させるためには、自発分極を大きくしなければならないが、自発分極を大きくすると強誘電性液晶の螺旋ピッチが短くなる傾向がある。従って、螺旋を解くためには基板間のギャップを小さくする必要がある。しかしながら、基板間のギャップを小さくすると液晶セルの製造が難しくなり、良品率の低下を招くことになる。

【0094】他方、短ピッチの強誘電性液晶モードでは基板間のギャップを小さくしなくとも螺旋の解けた状態が得られるので、応答速度を向上させるために自発分極を大きくしても上記のような不都合を生じない。

【0095】(2) 従来の強誘電性液晶モードでは、応答性、メモリー角等について温度依存性が大きく、液晶パネルの温度制御をしなければならないという問題もある。短ピッチの強誘電性液晶モードではこの温度依存性が小さい。さらに、表示動作そのものには直接関係はないが、従来の強誘電性液晶モードでは、耐ショック性に問題があり、液晶パネルにショックアブソーバーを設置する等の対策が必要であった。このことは装置の小型化に大きな障害となる。短ピッチの液晶モードでは耐衝撃性に優れているので、ショックアブソーバー等、本来、表示動作そのものとは関係のない部材を省くことができる。

【0096】なお、この短ピッチ強誘電性液晶の螺旋ピッチがセル厚より極めて短いにもかかわらず螺旋構造が解消されている理由については、今のところ明らかにされてはいない。このSBFLC cell の例としては、先述の論文および本願の実験例で用いたロッショ社のFLC6430なる強誘電性液晶材料のみしか知られ

ていない。表4に示したセル番号2～4の表示素子が該当する。

【0097】(実験例4) 実験例4では強誘電性液晶に対する印加電圧と応答速度との関係を調べた。表4のセル番号2～4のそれぞれの強誘電性液晶セルに図13に示す電圧波形を印加した。このとき得られる透過光量変化より応答速度を測定した。ここでいう応答速度は、正極性パルス電圧による透過光強度変化(10%→90%または90%→10%)に要する時間である。図14～図16に結果を示す。図の黒丸は暗状態から明状態への変化時間(rise time)、白い四角は明状態から暗状態への変化時間(fall time)を示す。

【0098】本発明においては1フレームの表示時間を11m秒以下で行うこと目標としているが、そのためには、書き込みに許容される時間はこれよりも十分に短くなくてはならない。実際、応答時間は1m秒以下であることが望ましい。

【0099】図14では印加電圧が1Vの時、ほぼ1ミリ秒での応答が実現できることが解る。また、図15では印加電圧が10V以上の時、図16では7V以上の時、それぞれ1ミリ秒以下での応答を示すことが解る。このように、強誘電性液晶を液晶材に用いることにより液晶の応答時間が1ミリ秒以下となる。

【0100】以上の実験においては、キラルスメクチックC相を利用したが、他に、キラルスメクチックF相、キラルスメクチックI相等の強誘電性液晶を用いても同様な結果が得られることを確認した。

【0101】さて、本発明ではフィールド順次カラー方式を実現するための高速動作速度を有するスイッチング素子を得るために、絵素電極を駆動するスイッチングトランジスタを単結晶シリコン中に形成する。単結晶シリコンは易導度が大きい(約1500cm<sup>2</sup>·V<sup>-1</sup>·s<sup>-1</sup>)ので、従来例の項で述べたようなアモルファスシリコン薄膜TFTやポリシリコンTFTよりもはるかに性能の優れたTFTを得ることができる。表9に各種トランジスタの性能を示す。

【0102】

【表9】

## 各種トランジスタの性能

		単結晶Si	多結晶Si	アモルファスSi
易動度 (cm <sup>2</sup> ·V <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup> )	電子	1500	100	0.1~0.5
	ホール	600	50	—
トランジスタの I <sub>on</sub> / I <sub>off</sub>		>10 <sup>3</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>
トランジスタの動作周波数 (CMOSシフトレジスタ)		数GHz (1μm×3μm)	20MHz (L=10, W=30μm)	5MHz (L=10, W=30μm)

【0103】表9より、単結晶シリコン中にトランジスタを形成すると、電流駆動能力が大きく、電流のON/OFF比の大きいスイッチング素子が得られることが理解できる。

【0104】以上示したように、高速応答性を有し、階調表示も可能な液晶材として強誘電性液晶を用い、単結晶シリコン層内にスイッチングトランジスタを形成することにより、高速動作速度を有するスイッチング素子を得ることができるので、フィールド順次方式によるカラー化の実現のための課題の一部を満たしたわけであるが、残る課題はLCDの信号保持の安定化である。この課題の解決について以下に示す。

【0105】図17に本実施例に係るカラー液晶表示装置の単位絵素領域の回路構成を示す。図17(b)は平面図、図17(a)は図17(b)の線A-A'による断面図である。この液晶表示装置は図17(a)に示すようにP型の単結晶シリコンをベース基板1に用い、このベース基板1上にNMO Sのスイッチング回路を搭載したものである。本装置には単位絵素領域に第1のトランジスタQ1と第2のトランジスタQ2の二つのトランジスタを搭載している。各トランジスタQ1、Q2のソースQ1s、Q2sおよびドレインQ1d、Q2dはP型の単結晶シリコン層内にN型拡散層2として形成されている。各トランジスタQ1、Q2のゲート電極Q1g、Q2gは各々のソースQ1s、Q2sとドレインQ1d、Q2dにまたがってベース基板1のシリコン層上に形成され、各ゲート電極Q1g、Q2gは絶縁膜3で全体が覆われている。本実施例ではゲート電極Q1g、Q2gにポリシリコンを用い、ゲート絶縁膜3にはシリコン酸化膜を用いた。各トランジスタQ1、Q2は各々のゲート電極Q1g、Q2gがベース基板1上でシリコン酸化膜6とポリシリコン電極7aとで隔てられている。単位絵素領域にはこれら二つのトランジスタQ1、Q2とともに補助容量C<sub>s</sub>が設けられている。この補助容量C<sub>s</sub>は第2のトランジスタQ2に隣接するシリコン酸化膜6中に形成されたアルミニウム電極7aと、この位置に対応してシリコン層中に形成されたN型拡散層2と、これらに挟まれたゲート絶縁膜3とで構

成されている。

【0106】以上のゲート絶縁膜3g、絶縁膜3(内部に各ゲート電極を含む)、シリコン酸化膜6、ポリシリコン電極7aおよびアルミニウム配線7bを覆って、ベース基板1表面全面にわたって保護膜8が形成されている。この保護膜8はベース基板1上に形成された回路を保護するためのものである。

【0107】トランジスタQ2とこのトランジスタQ2の隣に形成されているシリコン酸化膜6との間に形成されたポリシリコン電極7aがシリコン酸化膜6の上にせり出して形成されている位置の保護膜8には貫通孔9が設けられている。保護膜8の上には単位絵素領域毎に所定の領域にわたって絵素電極10が形成されているが、この絵素電極10はこの貫通孔9を介して下層のポリシリコン電極7aに接続され、このポリシリコン電極7aを介してトランジスタQ2のドレインQ2dと電気的に接続されている。

【0108】また、図17(b)に示すように、第1のトランジスタQ1のゲート電極Q1gは走査線4に接続され、第1のトランジスタQ1のソース電極Q1sは走査線4に交差する信号線5に接続されている。第1のトランジスタQ1のドレイン電極Q1dと第2のトランジスタQ2のゲート電極Q2gおよび補助容量C<sub>s</sub>部のポリシリコン電極7aとはシリコン酸化膜6上に形成された共通のアルミニウム配線7bに接続されている。

【0109】上記のベース基板1に対向配置されるガラス基板11の対向面には全面に透明な対向電極12が形成されている。この対向電極12を覆って、図示しない配向膜が形成されている。

【0110】このようなガラス基板11と前記ベース基板1とが対向配置され、両基板1、11の間に強誘電性液晶層13が封止されている。ガラス基板11は光入射側として使用される(液晶層13の材料、配向膜等具体的内容は表4に記載した通りである)。

【0111】次に本実施例に係る上記液晶表示装置の駆動回路とその駆動法について説明する。図18に図17に示した本実施例に係る液晶駆動用スイッチング回路の

等価回路を示す。図18に示した回路は単位絵素領域の回路構成である。

【0112】走査線4と信号線5との交点近傍において、第1のトランジスタQ1が両配線4、5のそれぞれに接続されている。第1のトランジスタQ1のゲートQ1gが走査線4に接続され、第1のトランジスタQ1のソースQ1sが信号線5に接続されている。第1のトランジスタQ1のドレインQ1dには補助容量C<sub>s</sub>の一端と、第2のトランジスタQ2のゲートQ2gが接続されている。補助容量C<sub>s</sub>の他端は接地されている。一方、第2のトランジスタQ2のソースQ2sは電源に接続され、第2のトランジスタQ2のドレインQ2dは絵素電極10に接続されている。

【0113】第2のトランジスタQ2はゲートQ2gの電位とドレインQ2d電位とがほぼ直線的な関係を示す性能を有する。第1のトランジスタQ1はデータ信号を第2のトランジスタQ2に供給するので、OFF時のリーク電流が少ないことが望ましい。補助容量C<sub>s</sub>は第1のトランジスタQ1のデータ信号を保持する働きをする。第2のトランジスタQ2は液晶LCに電圧を印加するためのトランジスタである。液晶LCに直接電圧を供給するので、液晶LCのスイッチングに必要な耐圧が必要である。

【0114】このような回路は以下のように駆動される。最初に信号線5にデータ信号を入力し、一番目の走査線4に走査信号を印加して走査線4上の各絵素領域の第1のトランジスタQ1をONすると、各第1のトランジスタQ1にデータ信号が順次印加されて行く。同時に対応する各補助容量C<sub>s</sub>にこのデータ信号が保持される。第2のトランジスタQ2は走査信号電圧に対して直線的な関係で電源電圧を制御できる特性を有するので、その走査信号電圧に対応したデータ信号電圧が液晶LCに印加されることになる。ここで、液晶LCに印加された電圧は補助容量C<sub>s</sub>に保持された電圧で制御されるが、この電圧は次のフィールドまで維持されるので液晶LCには常時一定の電圧が維持され続けることになる。この第2のトランジスタQ2のON状態は第1のトランジスタQ1がOFFしても、次に第1のトランジスタQ1がONされるまでそのまま保持される。第2のトランジスタQ2は常に補助容量C<sub>s</sub>からのデータ信号電圧に従った電圧を液晶LCに供給し続けることになる。

【0115】本発明では液晶LCとして強誘電性液晶を用いるが、強誘電性液晶は先述したように自己分極を有する。自己分極率の大きい液晶LCに電圧を印加した時には液晶LCの配向の変化によって過渡電流が流れる。強誘電性液晶の場合、その配向変化は数十μ秒程度かかるので、この期間、この過渡電流が流れる。一方、走査線4にデータを書き込む時間は1125本の走査線4を1/30秒で走査すると、一本当たりの走査時間は約30μ秒である。またフィールド順次カラー方式を実現す

るためには、書き込み時間をさらに1/3にする必要があるので、一走査線4に許容される書き込み時間は約10μ秒となる。故に、上記の過渡電流はこの書き込み時間を越えて流れることになるので、通常の線順次方式の書き込みでは、書き込み期間後に流れの過渡電流のために液晶LCに印加される電圧が変化し正確な表示ができないこととなる。

【0116】しかしながら、本発明における駆動回路の構成およびその駆動方式によれば、上記したように、液晶LC（強誘電性液晶）に対し、書き込み期間以外においても一定の電圧が印加されることになっているので過渡電流による電圧変動の発生がない。従って、正確な表示が可能となる。

【0117】一番目の走査線4に走査信号を書き込んだ後、走査信号をOFFし、二番目の走査線4に走査信号を印加して、二番目の走査線4上の各画素にデータ信号を書き込む。二番目の走査線4上のデータの書き込みが終了すると、次に三番目の走査線4上のデータの書き込みに移る。このようにして、表示領域全面にわたってデータを書き込むことにより1フィールドの表示が完了する。

【0118】上記の例は回路としてトランジスタ2個、補助容量1個で形成した例であるが、上記の回路と同様の機能を備えた回路であれば、他の構成による回路を用いても構わない。

#### 【0119】

【発明の効果】本発明によればフィールド順次カラー方式によるカラー化の実現に寄与できる。この結果、単板式で超高精細のフルカラー液晶表示装置の実現に寄与できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】強誘電性液晶分子の双安定状態を示す模式図。

【図2】強誘電性液晶表示素子における階調表示の原理を示すための図。

【図3】強誘電性液晶への印加電圧と出力電圧（透過光量）との関係を示す図。

【図4】強誘電性液晶への印加電圧と透過光量との関係を示す図。

【図5】強誘電性液晶への印加電圧と透過光量との関係を示す図。

【図6】強誘電性液晶への印加電圧と透過光量との関係を示す図。

【図7】強誘電性液晶への印加電圧と透過光量との関係を示す図。

【図8】強誘電性液晶への印加電圧と透過光量との関係を示す図。

【図9】強誘電性液晶への印加電圧と透過光量との関係を示す図。

【図10】強誘電性液晶への印加電圧と透過光量との関係を示す図。

【図11】強誘電性液晶への印加電圧と透過光量との関係を示す図。

【図12】強誘電性液晶への印加電圧と透過光量との関係を示す図。

【図13】強誘電性液晶の片安定状態と双安定状態のそれぞれに印加した電圧と透過光強度の関係を示す図。

【図14】強誘電性液晶への印加電圧と応答速度との関係を示す図。

【図15】強誘電性液晶への印加電圧と応答速度との関係を示す図。

【図16】強誘電性液晶への印加電圧と応答速度との関係を示す図。

【図17】本発明の実施例に係る液晶表示装置の単位画素領域の断面図。

【図18】本発明に係る液晶表示装置の単位画素領域の液晶駆動回路の等価回路図。

【図19】高速色彩順次切り替え用のカラーフィルターを示す図。

【図20】カラーシャッターの基本動作のタイミングチャートを示す図。

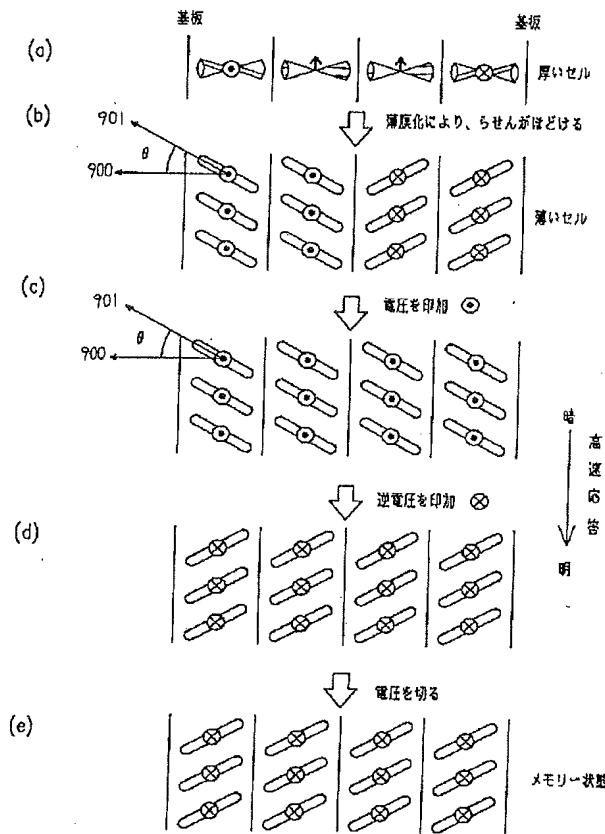
【図21】アクティブマトリクス型液晶表示装置の駆動回路の等価回路の一従来例。

\* 【符号の説明】

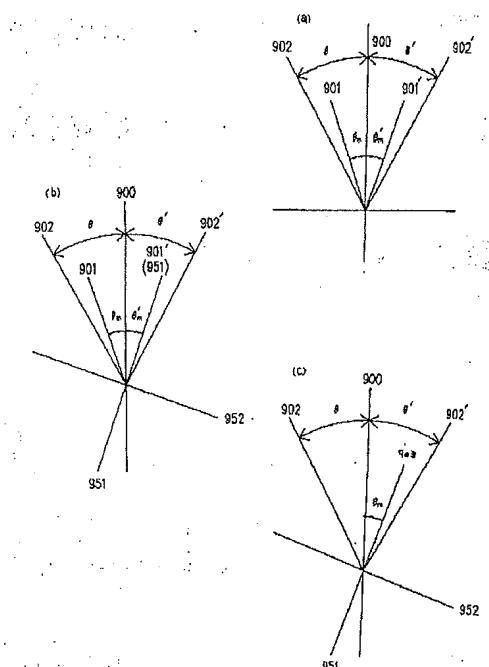
- 1 ベース基板
- Q1 第1のトランジスタ
- Q2 第2のトランジスタ
- Q1s, Q2s ソース電極
- Q1g, Q2g ゲート電極
- Q1d, Q2d ドレイン電極
- 2 N型拡散層
- 3 絶縁膜
- 10 3g ゲート絶縁膜
- 4 走査線
- 5 信号線
- 6 シリコン酸化膜
- 7 a ポリシリコン電極
- 7 b アルミニウム配線
- C s 補助容量
- 8 保護膜
- 9 貫通孔
- 10 絵素電極
- 11 対向基板
- 12 対向電極
- 13 液晶層

\*

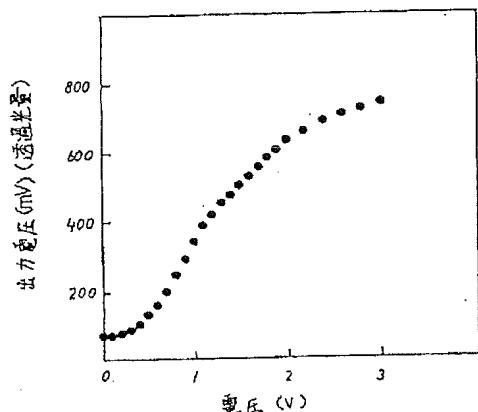
【図1】



【図2】

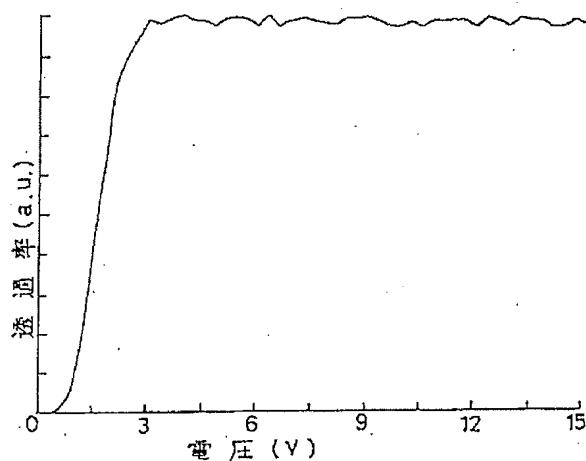


【図3】



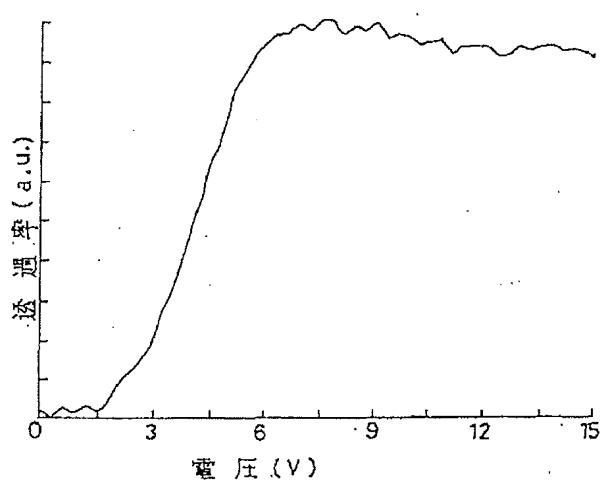
印加電圧：矩形波 (60 Hz)  
25°C

【図4】



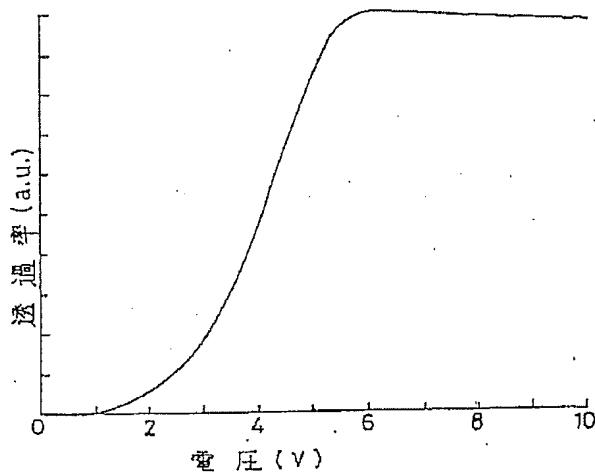
サンプル名：FLC-6430-NYLON  
温 度：20.5 (°C)  
測定電圧領域：0 ⇒ 15 ステップ.3 (V)

【図5】



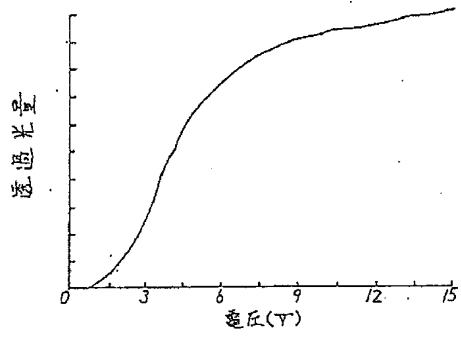
サンプル名：FLC-6430-2101  
温 度：21.5 (°C)  
測定電圧領域：0 ⇒ 15 ステップ.3 (V)

【図6】

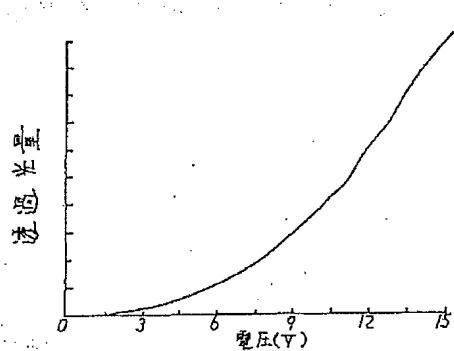


サンプル名：FLC-6430-2101AP  
温 度：18 (°C)  
測定電圧領域：0 ⇒ 10 ステップ.2 (V)

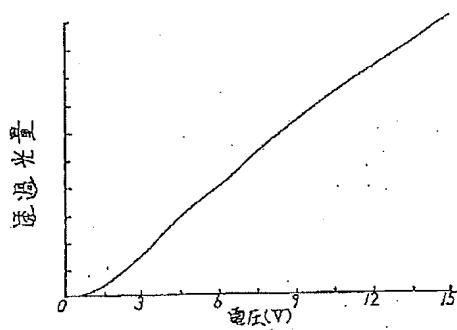
【図7】



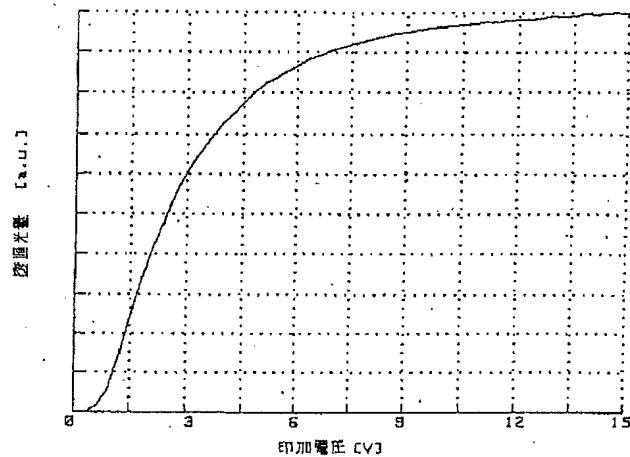
【図8】



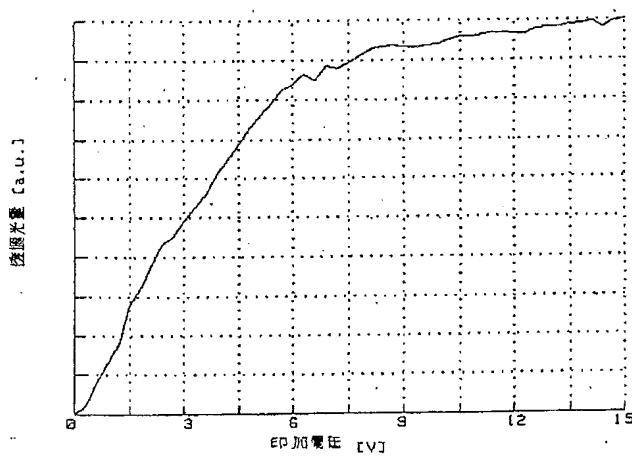
【図9】



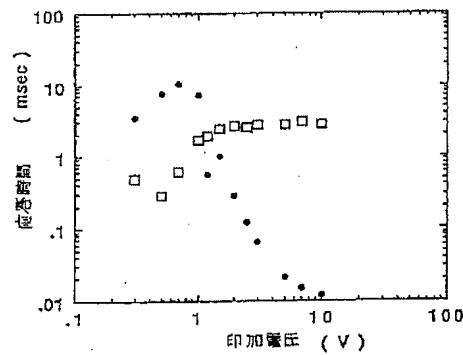
【図10】



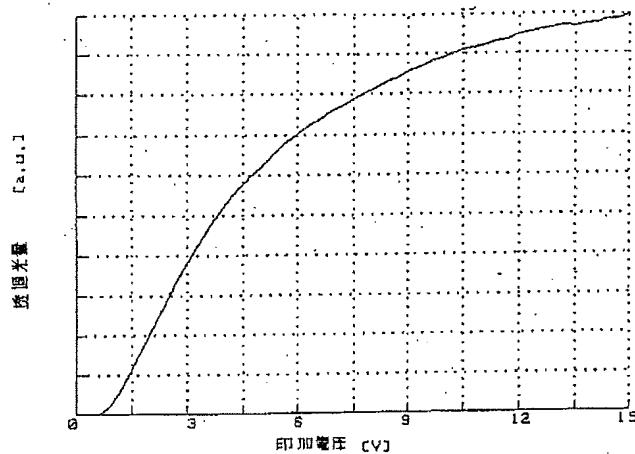
【図11】



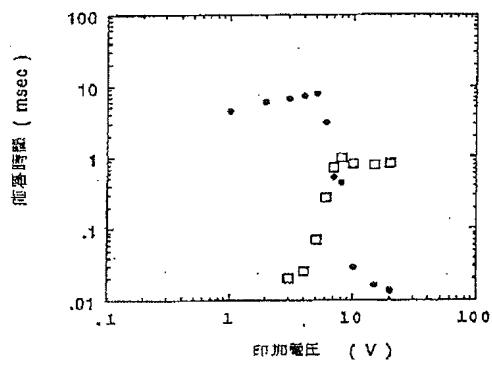
【図14】



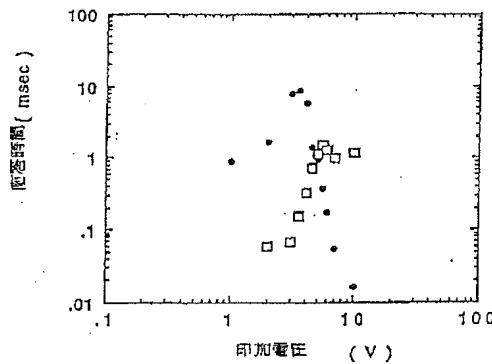
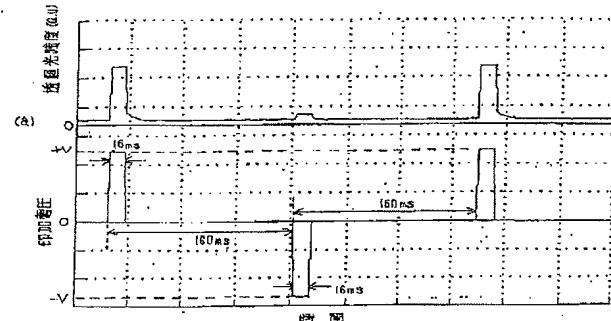
【図12】



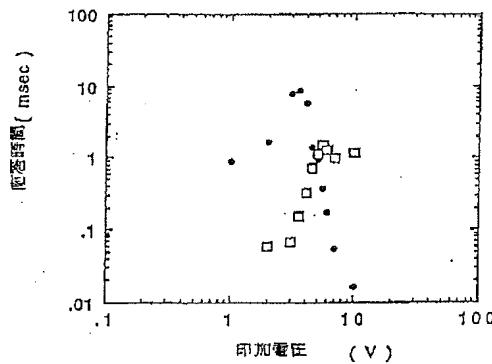
【図15】



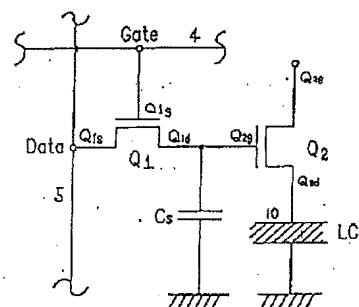
【図13】



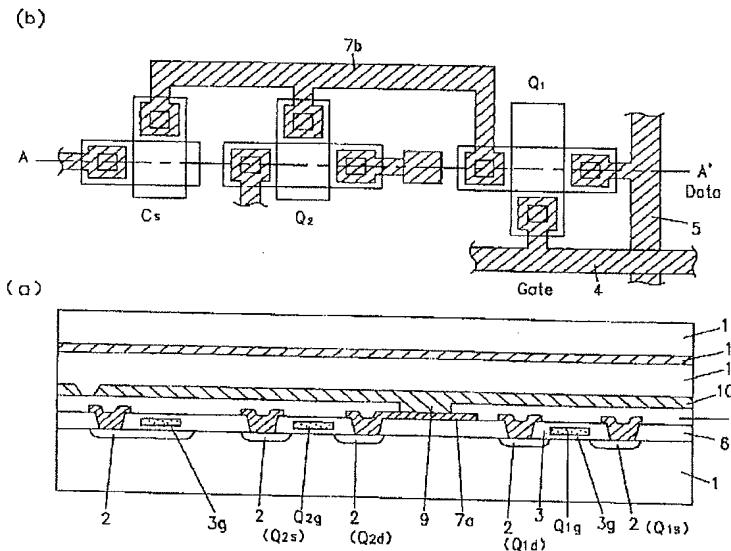
【図16】



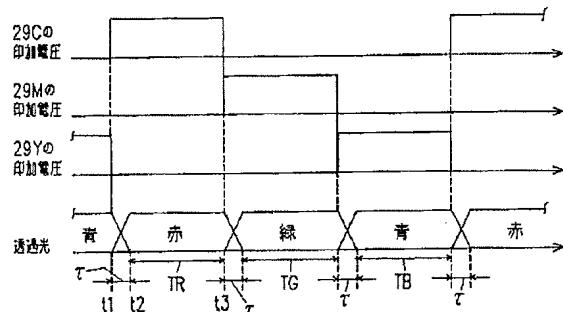
【図18】



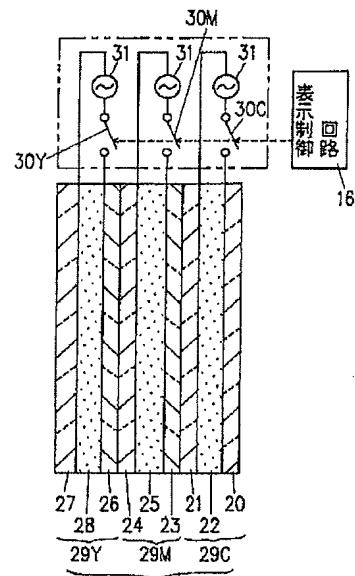
【図17】



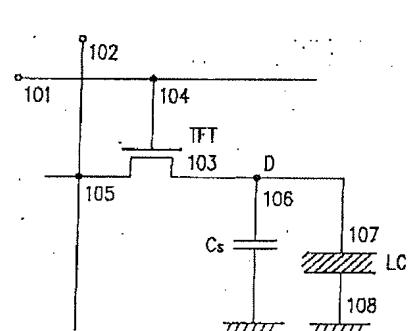
【図20】



【図19】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 向殿 充浩  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内

(72)発明者 四宮 時彦  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内